

Docket No.: 50212-351

PATENT

jc971 U.S. PTO  
10/082083  
02/26/02

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of

Toshiki TARU, et al.

Serial No.:

Group Art Unit:

Filed: February 26, 2002

Examiner:

For: OPTICAL FIBER AND FIBER GRATING DEVICE

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2001-055348, filed February 28, 2001**

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:prp  
**Date: February 26, 2002**  
Facsimile: (202) 756-8087

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

TARU et al.  
February 26, 2002  
Dermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 2月28日

出願番号  
Application Number:

特願2001-055348

出願人  
Applicant(s):

住友電気工業株式会社



2001年11月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2001-3097645

【書類名】 特許願

【整理番号】 101Y0034

【提出日】 平成13年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

G02B 6/18

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 樽 稔樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 石川 真二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会  
社 横浜製作所内

【氏名】 井上 享

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001754

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバおよび光ファイバ型回折格子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の屈折率を有し、紫外線感光性を有するコア領域と、  
前記コア領域を取り囲み、前記第 1 の屈折率より小さい第 2 の屈折率を有し、  
紫外線感光性を有する内クラッド領域と、  
前記内クラッド領域を取り囲み、前記第 1 の屈折率より小さい第 3 の屈折率を  
有する外クラッド領域と  
を備え、  
前記内クラッド領域における紫外線感光性の偏差が $\pm 10\%$ 以下であることを  
特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】 前記コア領域における紫外線感光性の平均値と前記内クラッド領域における紫外線感光性の平均値との差が $10\%$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】 前記コア領域および前記内クラッド領域の双方に亘る紫外線感光性の偏差が $\pm 10\%$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 4】 前記コア領域および前記内クラッド領域の双方に亘る紫外線感光性の偏差が $\pm 5\%$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 5】 請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の光ファイバの長手方向に沿って屈折率変調が形成されていることを特徴とする光ファイバ型回折格子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバの長手方向に沿って屈折率変調が形成されている光ファイバ型回折格子、および、この光ファイバ型回折格子を実現するのに好適な光ファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ型回折格子は、光ファイバの長手方向に沿って屈折率変調が形成されたものである。光ファイバの屈折率変調形成領域における実効的屈折率を $N$ とし、屈折率変調の周期を $\Lambda$ とすると、この光ファイバ型回折格子は、 $\lambda_B = 2N \cdot \Lambda$ なる式で表される波長 $\lambda_B$ の光を選択的に反射させることができる。このことから、光ファイバ型回折格子は、波長分割多重光通信システム等における光フィルタや合分波器等として用いられる。

## 【0003】

このような光ファイバ型回折格子は以下のようにして製造される。まず、 $\text{GeO}_2$ がコア領域に添加された石英系の光ファイバが製造される。この $\text{GeO}_2$ が添加されたコア領域は、紫外光照射量に応じた量だけ屈折率が上昇するという紫外線感光性を有する。そこで、この光ファイバの長手方向に沿って空間的に強度変調された紫外光が該光ファイバに照射されると、紫外光の強度変調に応じた屈折率変調がコア領域に形成される。このようにして光ファイバ型回折格子は製造される。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような光ファイバ型回折格子は、実際には、波長 $\lambda_B$ の光を反射させるだけでなく、透過させるべき他の波長（波長 $\lambda_B$ より短い波長）の光に対して損失を与えることが知られている。この損失は短波長損失と呼ばれる。この短波長損失の発生は、光ファイバを伝搬する光のエネルギーの一部がクラッド領域に存在するのに対して、屈折率変調が形成されているのがコア領域のみであることから、波長 $\lambda_B$ より短い特定波長のコアモード光がクラッド領域モード光に結合することに因るものとされている。

## 【0005】

この短波長損失の現象は、光ファイバ型回折格子を本来透過すべき波長の光が損失を被るものであるから、短波長損失の低減が望まれている。そして、コア領域に屈折率変調が形成されるだけでなく、クラッド領域のうちコア領域に近い部分にも屈折率変調が形成されることで、この短波長損失が低減され得ることが知られている（例えば、特開平11-237514号公報や、文献「A. Inoue, et

al., "Optimization of Fiber Bragg Grating for Dense WDM Transmission System", IEICE Trans. Electron., Vol.E81-C, No.8, pp.1209-1218 (1998)」を参照)。しかし、上記の従来技術は、短波長損失を充分には低減することができない。上記文献では短波長損失は0.2 dB程度までしか低減されていない。

#### 【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、短波長損失が低減された光ファイバ型回折格子、および、このような光ファイバ型回折格子を実現するのに好適な光ファイバを提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る光ファイバは、(1) 第1の屈折率を有し、紫外線感光性を有するコア領域と、(2) コア領域を取り囲み、第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有し、紫外線感光性を有する内クラッド領域と、(3) 内クラッド領域を取り囲み、第1の屈折率より小さい第3の屈折率を有する外クラッド領域とを備えている。そして、本発明に係る光ファイバは、内クラッド領域における紫外線感光性の偏差が±10%以下であることを特徴とする。また、本発明に係る光ファイバ型回折格子は、上記の本発明に係る光ファイバの長手方向に沿って屈折率変調が形成されていることを特徴とする。

#### 【0008】

本発明によれば、コア領域が紫外線感光性を有するだけでなく、コア領域を取り囲む内クラッド領域も紫外線感光性を有し、内クラッド領域における紫外線感光性の偏差が±10%以下であることにより、光ファイバ型回折格子の短波長損失が充分に低減され得る。なお、「紫外線感光性の偏差が±10%以下である」とは、領域内の各位置における紫外線感光性が平均値に対して90%～110%の範囲にあることを意味する。また、実際にはコア領域と内クラッド領域との境界近傍（スス付けの界面に相当する領域）において紫外線感光性の落ち込みが存在する場合があるが、その落ち込みの径方向幅が使用波長以下であれば、回折格子の特性上問題ではないので無視する。

#### 【0009】

また、好適には、コア領域における紫外線感光性の平均値と内クラッド領域における紫外線感光性の平均値との差が10%以下であることを特徴とする。或いは、コア領域および内クラッド領域の双方に亘る紫外線感光性の偏差が±10%以下であることを特徴とする。或いは、コア領域および内クラッド領域の双方に亘る紫外線感光性の偏差が±5%以下であることを特徴とする。これら何れの場合にも、光ファイバ型回折格子の短波長損失を十分に低減する上で好適である。

#### 【0010】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

#### 【0011】

図1は、本実施形態に係る光ファイバ10の説明図である。同図(a)は光ファイバ10の断面構造を示し、同図(b)は光ファイバ10における $\text{GeO}_2$ 添加濃度分布を示し、同図(c)は光ファイバ10におけるF元素添加濃度分布を示し、同図(d)は光ファイバ10の屈折率プロファイルを示し、同図(e)は光ファイバ10における紫外線感光性分布を示す。同図(a)は、光軸に直交する面で光ファイバ10を切断したときの断面を示している。また、同図(b)～(e)それぞれの横軸は、光ファイバ10の光軸に直交する直線上の位置を示している。

#### 【0012】

この光ファイバ10は、石英系の光ファイバであって、図1(a)に示すように、光軸中心を含むコア領域11と、このコア領域11を取り囲む内クラッド領域12と、この内クラッド領域12を取り囲む外クラッド領域13とを備えている。光ファイバ10は、図1(b)に示すようにコア領域11および内クラッド領域12それぞれに $\text{GeO}_2$ が添加され、図1(c)に示すように内クラッド領域12にF元素が添加されている。

#### 【0013】

そして、光ファイバ10は、図1(d)に示すような屈折率プロファイルを有し、内クラッド領域12の屈折率 $n_2$ および外クラッド領域13の屈折率 $n_3$ の何



れよりもコア領域 1 1 の屈折率  $n_1$  が大きくなっている。内クラッド領域 1 2 の屈折率  $n_2$  と外クラッド領域 1 3 の屈折率  $n_3$  とは互いに等しくてもよい。また、光ファイバ 1 0 は、図 1 (e) に示すように、 $\text{GeO}_2$  が添加されているコア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 それぞれが紫外線感光性を有している。

#### 【0014】

特に、本実施形態に係る光ファイバ 1 0 は、内クラッド領域 1 2 に添加されている  $\text{GeO}_2$  濃度分布の偏差が小さく、内クラッド領域 1 2 における紫外線感光性の偏差が  $\pm 10\%$  以下となっている。また、光ファイバ 1 0 は、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 それぞれに添加されている  $\text{GeO}_2$  濃度分布の偏差が小さく、コア領域 1 1 における紫外線感光性の平均値と内クラッド領域 1 2 における紫外線感光性の平均値との差が  $10\%$  以下であるのが好適であり、或いは、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 の双方に亘る紫外線感光性の偏差が  $\pm 10\%$  以下であるのが好適である。さらに、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 の双方に亘る紫外線感光性の偏差が  $\pm 5\%$  以下であれば更に好適である。

#### 【0015】

また、コア領域 1 1 の外径を  $2a$  とし、内クラッド領域 1 2 の外径を  $2b$  とし、外クラッド領域 1 3 の外径（すなわち、光ファイバ 1 0 の外径）を  $2c$  とする。外クラッド領域 1 3 の外径  $2c$  は一般には  $125\mu\text{m}$  である。また、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 それぞれの外径の比 ( $b/a$ ) は、 $2\sim 5$  であるのが好適であり、また、 $3\sim 4$  であれば更に好適である。

#### 【0016】

線引してこのような光ファイバ 1 0 を得るための光ファイバ母材は、以下のようにして製造される。まず、以下の第 1 または第 2 のコアロッド作成方法により、線引後にコア領域 1 1 となるべきコアロッド ( $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ ) が作成される。第 1 のコアロッド作成方法では、 $\text{GeO}_2$  が添加された石英ガラスからなるコア前駆体が VAD 法により作成され、このコア前駆体の径方向の  $\text{GeO}_2$  濃度偏差が  $\pm 10\%$  以下となるように外周研削されて、これがコアロッドとして使用される。また、第 2 のコアロッド作成方法では、上記の第 1 のコアロッド作成方法で作成されたコアロッドの外周面上に  $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$  の微粒子が OVD 法に

よりスス付けされ、このスス付けされたコアロッドが焼結されて延伸され、この延伸されたものの外周面がHFによりエッチングされて、コアロッドが作成される。この第2のコアロッド作成方法は、生産効率が優れ、また、第1のコアロッド作成方法の場合より $\text{GeO}_2$ 濃度偏差が小さいという利点を有する。

## 【0017】

一方、線引後に内クラッド12となるべき内クラッドロッドのスス体が、上記のコアロッドの外周上にOVD法により作成される。例えば、OVD法によるスス付けのとき、バーナより $\text{SiCl}_4$ および $\text{GeCl}_4$ が給用され、或る時点以降はバーナより供給される $\text{SiCl}_4$ の量は漸減される。例えば、バーナの全ターン数は330回であり、120回目のターンより以降はバーナより供給される $\text{SiCl}_4$ の量は直線的に減少される。最終ターンでバーナより供給される $\text{SiCl}_4$ の量は、当初に供給される $\text{SiCl}_4$ の量の62%とされる。バーナより供給される $\text{GeCl}_4$ の量は、全ターンを通じて一定とされる。また、スス付けのときの表面温度は $580^\circ\text{C} \sim 590^\circ\text{C}$ とされる。このようにして得られたスス体( $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ )が $\text{SiF}_4$ 雰囲気中で焼結されて、これにより、線引後に内クラッド12となるべき内クラッドロッド( $\text{GeO}_2\text{-F-SiO}_2$ )が作成される。

## 【0018】

そして、石英ジャケットパイプに内クラッドロッドが挿入されてコラプスされ、或いは、内クラッドロッドの外周面上にスス体( $\text{SiO}_2$ )がOVD法またはVAD法により作成され、焼結・延伸を経て、光ファイバ母材が製造される。この光ファイバ母材が線引されることにより、上述した光ファイバ10が製造される。以上のような方法により製造される光ファイバ10は、例えば、コア領域11の外径 $2a$ が $9\mu\text{m}$ であり、内クラッド領域12の外径 $2b$ が $32\mu\text{m}$ である。外クラッド領域13の屈折率 $n_3$ を基準としてコア領域11の比屈折率差は0.35%程度である。

## 【0019】

図2は、本実施形態に係る光ファイバ型回折格子1の断面図である。この図は、光軸を含む面で光ファイバ型回折格子1を切断したときの断面を示している。この光ファイバ型回折格子1は、上述した光ファイバ10の長手方向に沿った一

定領域 1 4 において、紫外線感光性を有するコア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 の双方にまたがって屈折率変調が形成されたものである。この図で、ハッチングで示した領域は、屈折率変調形成領域 1 4 において屈折率が上昇している領域を示す。このような光ファイバ型回折格子 1 は、二光束干渉法または位相マスク法により、長手方向に沿って空間的に強度変調された紫外光が光ファイバ 1 0 に照射されることにより製造される。この光ファイバ型回折格子 1 は、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 の双方が紫外線感光性を有し且つ内クラッド領域 1 2 における紫外線感光性の偏差が  $\pm 10\%$  以下である光ファイバ 1 0 に屈折率変調が形成されたものであることから、短波長損失が十分に低減され得る。

#### 【 0 0 2 0 】

次に、光ファイバ 1 0 のコア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 それぞれにおける紫外線感光性分布と、光ファイバ型回折格子 1 における短波長損失との関係について、図 3 ～ 図 5 を用いて説明する。

#### 【 0 0 2 1 】

図 3 は、本実施形態に係る光ファイバ 1 0 における紫外線感光性分布を更に説明する図である。同図 (a) は光ファイバ 1 0 の断面構造を示し、同図 (b) ～ (d) それぞれは光ファイバ 1 0 における紫外線感光性分布を示す。同図 (b) に示された紫外線感光性分布は、コア領域 1 1 においては中心位置で最大値となる 2 次曲線で表され、内クラッド領域 1 2 においては一定値（上記最大値と同一の値）であって、コア領域 1 1 における偏差が  $\Delta_{UV1}$  である（以下「条件 1」と言う。）。同図 (c) に示された紫外線感光性分布は、コア領域 1 1 においては一定値であり、内クラッド領域 1 2 においては中心からの距離に比例して減少しており、内クラッド領域 1 2 における偏差が  $\Delta_{UV2}$  である（以下「条件 2」と言う。）。また、同図 (d) に示された紫外線感光性分布は、コア領域 1 1 においては一定値であり、内クラッド領域 1 2 においても一定値（コア領域 1 1 より小さい値）であり、両者の差が  $\Delta_{UV3}$  である（以下「条件 3」と言う。）。なお、図 1 (e) に示された紫外線感光性分布は、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 の双方に亘って一定値である理想的なものである（以下「基本条件」と言う。）。）。。

## 【 0 0 2 2 】

図 4 は、本実施形態に係る光ファイバ型回折格子 1 の透過スペクトル（シミュレーション結果）を示す図である。この図には、上述した条件 1 ～ 3 それぞれの場合について光ファイバ型回折格子 1 の透過スペクトルが示されている。なお、光ファイバ型回折格子 1 における屈折率変調は、コア領域 1 1 の中心部における最大屈折率上昇を  $1 \times 10^{-3}$  とした。条件 1 の場合における紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV1}$ 、条件 2 の場合における紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV2}$ 、および、条件 3 の場合における紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV3}$  は、何れも  $\pm 10\%$  である。この図から判るように、コア領域 1 1 および内クラッド領域 1 2 それぞれの紫外線感光性の平均値の差が小さい条件 1 および条件 2 の場合に、短波長損失が 0.1 dB 程度にまで低減される。

## 【 0 0 2 3 】

図 5 は、本実施形態に係る光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失と紫外線感光性分布の偏差との関係（シミュレーション結果）を示すグラフである。この図から判るように、紫外線感光性分布の偏差が 0 である場合（すなわち、基本条件の場合）には、光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失は 0.03 dB 程度であり、紫外線感光性分布の偏差が大きいほど、光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失は大きい。条件 1 の場合、紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV1}$  が  $\pm 5\%$  であれば光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失の最大値は 0.02 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV1}$  が  $\pm 10\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.07 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV1}$  が  $\pm 15\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.14 dB 程度である。条件 2 の場合、紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV2}$  が  $\pm 5\%$  であれば光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失の最大値は 0.07 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV2}$  が  $\pm 10\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.10 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV2}$  が  $\pm 15\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.17 dB 程度である。また、条件 3 の場合、紫外線感光性の偏差  $\Delta_{UV3}$  が  $\pm 5\%$  であれば光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失の最大値は 0.13 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV3}$  が  $\pm 10\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.33 dB 程度であり、偏差  $\Delta_{UV3}$  が  $\pm 15\%$  であれば短波長損失の最大値は 0.7 dB 程度である。

## 【 0 0 2 4 】

このように、条件 3 を除いて、紫外線感光性の偏差が  $\pm 10\%$  であれば、光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失の最大値は  $0.1 \text{ dB}$  程度以下まで低減され得る。また、条件 3 のシミュレーションの結果のとおり、コア全体と内クラッド全体との Ge 濃度の平均値に大きな差が出る場合は、短波長損失最大値を  $0.1 \text{ dB}$  程度に抑えるには、偏差  $7\%$  程度にする必要がある。

## 【 0 0 2 5 】

次に、本実施形態に係る光ファイバ型回折格子 1 の実施例を比較例とともに説明する。

## 【 0 0 2 6 】

図 6 は、実施例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバ母材の径方向の各元素の濃度 (EPMA カウント数) 分布を示す図である。図 7 は、実施例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバの径方向の屈折率分布を示す図である。図 8 は、実施例の光ファイバ型回折格子の透過スペクトルを示す図である。この実施例の光ファイバ母材は、上述した第 2 のコアロッド作成方法に従って、光ファイバのコア領域および内クラッド領域の双方に亘って紫外線感光性ができるだけ均一になるように製造された。

## 【 0 0 2 7 】

この実施例の光ファイバ母材では、Ge 以外の感光性を有する元素が添加されていないので、紫外線感光性を有するのは  $\text{GeO}_2$  のみとしてよく、径方向の Ge 濃度分布の偏差と紫外線感光性分布の偏差とは等しいとしてよい。図 6 から判るように、Ge 濃度分布の偏差は  $\pm 10\%$  以下であり、紫外線感光性分布の偏差も  $\pm 10\%$  以下であった。また、図 6 に見られるように、コア部分と内クラッド部分との境界近傍 (スス付けの界面に相当する領域) において Ge 濃度が落ち込んでおり、この領域では偏差  $\pm 10\%$  を超えている。しかし、光ファイバ母材が線引されて光ファイバが製造される際の加熱により Ge が拡散するので、この Ge 濃度が落ち込む領域の径方向の幅や濃度の偏差は縮小する。さらに、外径  $125 \mu\text{m}$  の光ファイバでは、Ge 濃度が落ち込んでいる領域の径方向の幅は  $1 \mu\text{m}$  以下となる。もし、光ファイバの状態で径方向幅  $1 \mu\text{m}$  以下の Ge 濃度の落ち込

みの領域があったとしても、これは、光通信において使用する波長より小さいので、回折格子の特性上問題ではなく無視することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

また、実施例の光ファイバでは、石英ガラスをベースとして、コアに添加されている屈折率上昇材はGeのみであるので、コア内の比屈折率差分布とGe濃度分布と紫外線感光性分布とは等しいとしてよく、また、各々の偏差も等しいとしてよい。図7から判るように、コア部分の比屈折率差の偏差は±5%以下となっている。なお、光ファイバの比屈折率差の偏差(±5%以下)は、光ファイバ母材のGe濃度分布の偏差(±10%以下)の1/2程度となっているが、これは線引時の加熱の際のGeの拡散に因るものと考えられる。

#### 【 0 0 2 9 】

そして、この実施例の光ファイバ型回折格子は、コア領域の外径が $8.5\mu\text{m}$ であり、内クラッド領域の外径が $34\mu\text{m}$ であり、コア領域の比屈折率差が0.33%であった。この実施例の光ファイバ型回折格子の透過スペクトルは、図8に示すように、反射中心波長が $1564.7\text{nm}$ 付近であり、反射帯域幅(透過率-30dB)が0.4nmであり、短波長損失の最大値が0.04dB程度以下であった。

#### 【 0 0 3 0 】

図9は、比較例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバ母材の径方向の各元素の濃度(EPMACount数)分布を示す図である。図10は、比較例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバの径方向の屈折率分布を示す図である。図11は、比較例の光ファイバ型回折格子の透過スペクトルを示す図である。この比較例の光ファイバ母材は、光ファイバのコア領域および内クラッド領域それぞれにおいて、Ge濃度分布の偏差が±10%を超えており、紫外線感光性の偏差も±10%を超えていた。そして、比較例の光ファイバ型回折格子は、短波長損失の最大値が0.3dB程度であった。

#### 【 0 0 3 1 】

以上のように、本実施形態では、光ファイバ10の内クラッド領域12における紫外線感光性の偏差が±10%以下であることにより、光ファイバ型回折格子

1における短波長損失の最大値が0.1 dB程度にまで低減される。また、光ファイバ10のコア領域11における紫外線感光性の平均値と内クラッド領域12における紫外線感光性の平均値との差が10%以下であることにより、或いは、コア領域11および内クラッド領域12の双方に亘る紫外線感光性の偏差が±10%以下（さらに好適には±5%以下）であることにより、光ファイバ型回折格子1における短波長損失の最大値が更に低減される。

#### 【0032】

なお、上記実施形態では、GeO<sub>2</sub>添加の場合を述べたが、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>等の感光性をもたらす物質を添加する場合においても、感光性分布の偏差を抑えることにより、短波長損失を低減させることができる。

#### 【0033】

#### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、コア領域が紫外線感光性を有するだけでなく、コア領域を取り囲む内クラッド領域も紫外線感光性を有し、内クラッド領域における紫外線感光性の偏差が±10%以下であることにより、光ファイバ型回折格子の短波長損失は充分に低減され得る。また、コア領域における紫外線感光性の平均値と内クラッド領域における紫外線感光性の平均値との差が10%以下であることにより、或いは、コア領域および内クラッド領域の双方に亘る紫外線感光性の偏差が±10%以下（さらに好適には±5%以下）であることにより、光ファイバ型回折格子の短波長損失は更に低減され得る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本実施形態に係る光ファイバ10の説明図である。

#### 【図2】

本実施形態に係る光ファイバ型回折格子1の断面図である。

#### 【図3】

本実施形態に係る光ファイバ10における紫外線感光性分布を更に説明する図である。

#### 【図4】

本実施形態に係る光ファイバ型回折格子 1 の透過スペクトルを示す図である。

【図 5】

本実施形態に係る光ファイバ型回折格子 1 の短波長損失と紫外線感光性分布の偏差との関係を示すグラフである。

【図 6】

実施例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバ母材の径方向の各元素の濃度分布を示す図である。

【図 7】

実施例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバの径方向の屈折率分布を示す図である。

【図 8】

実施例の光ファイバ型回折格子の透過スペクトルを示す図である。

【図 9】

比較例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバ母材の径方向の各元素の濃度分布を示す図である。

【図 1 0】

比較例の光ファイバ型回折格子用の光ファイバの径方向の屈折率分布を示す図である。

【図 1 1】

比較例の光ファイバ型回折格子の透過スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

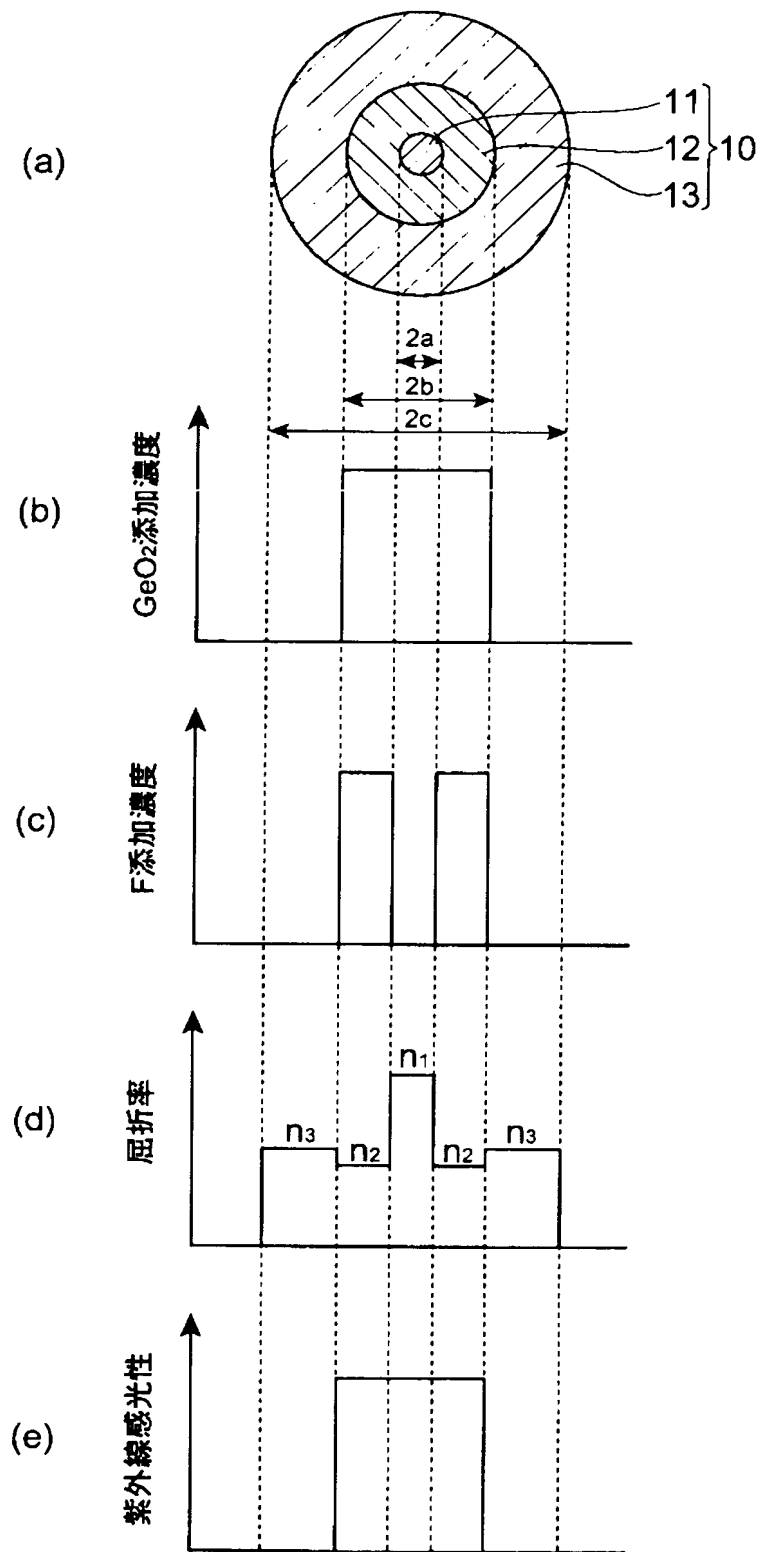
1 … 光ファイバ型回折格子、 1 0 … 光ファイバ、 1 1 … コア領域、 1 2 … 内クラッド領域、 1 3 … 外クラッド領域。



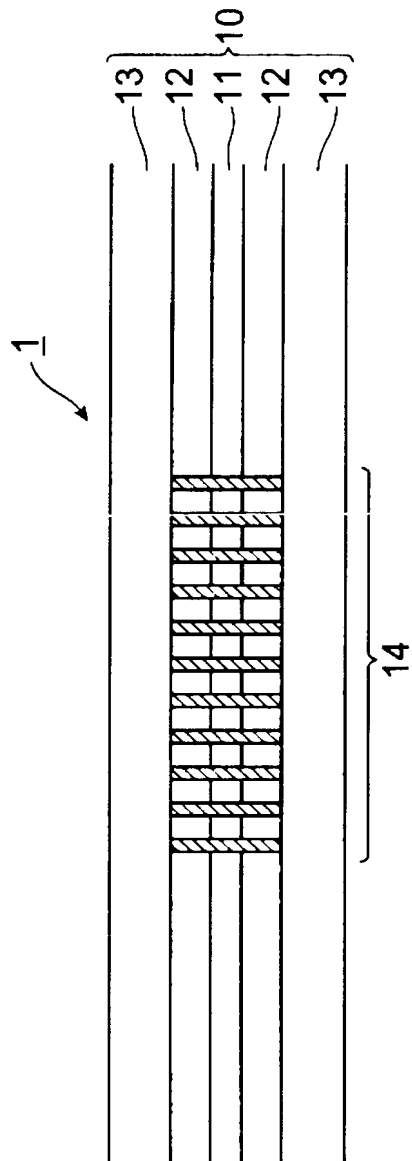
【書類名】

図面

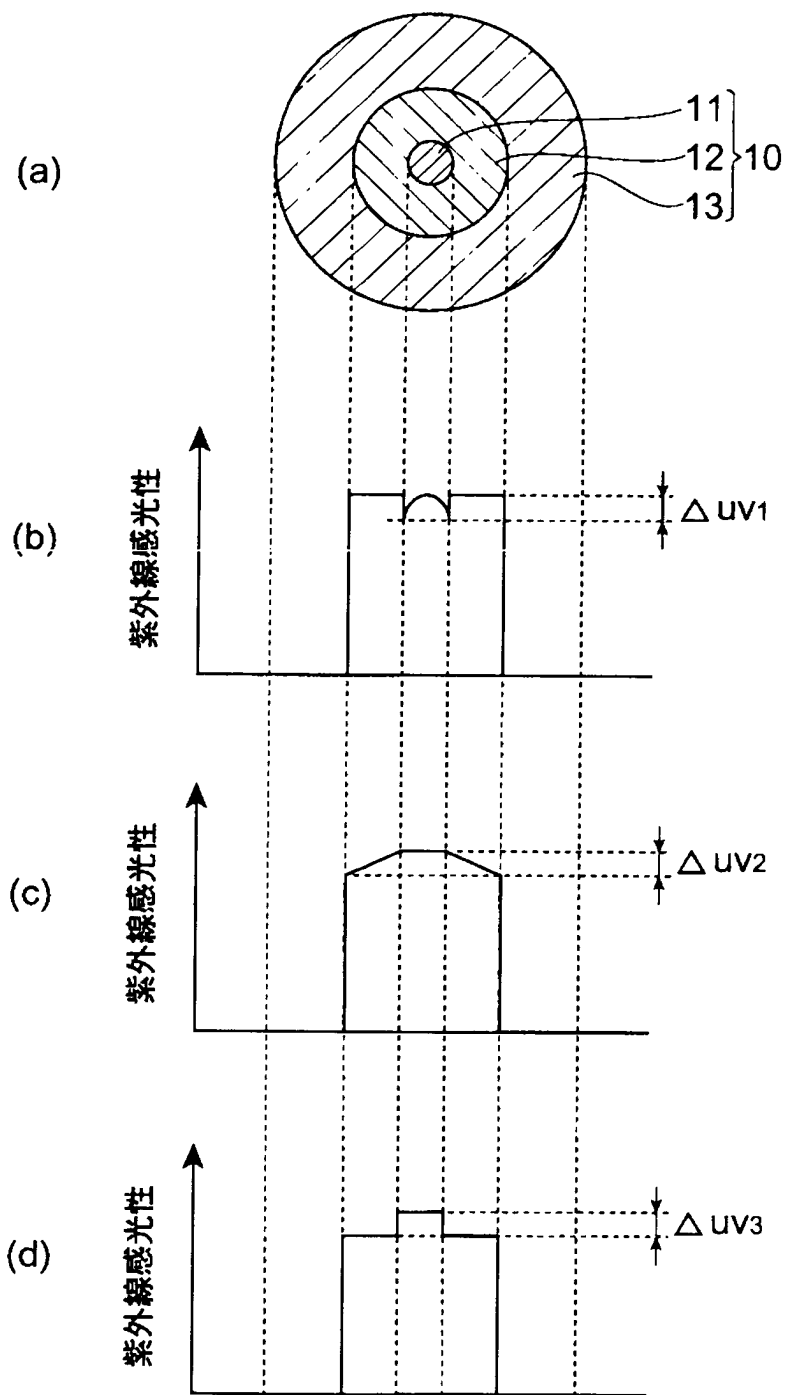
【図 1】



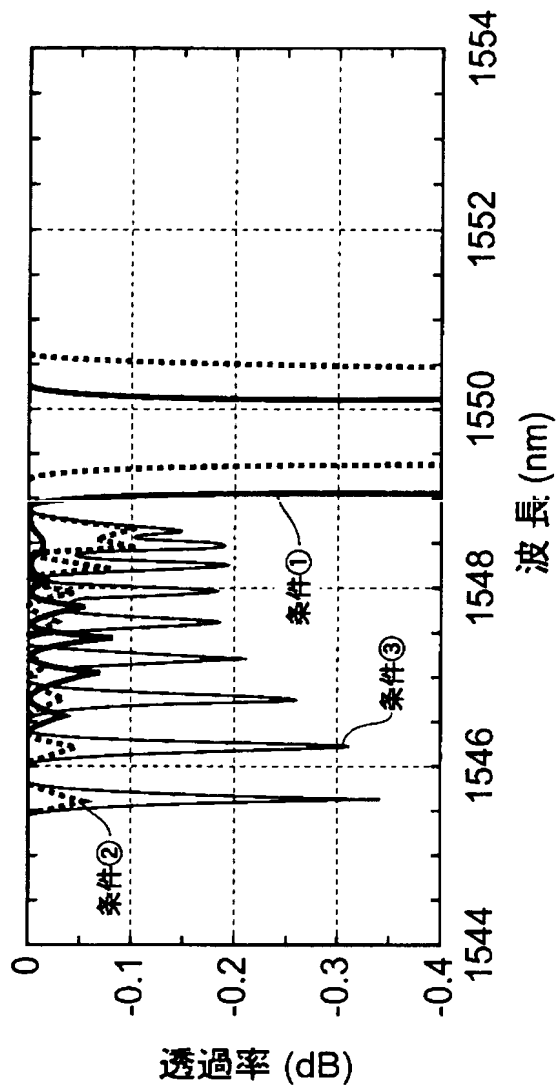
【図 2】



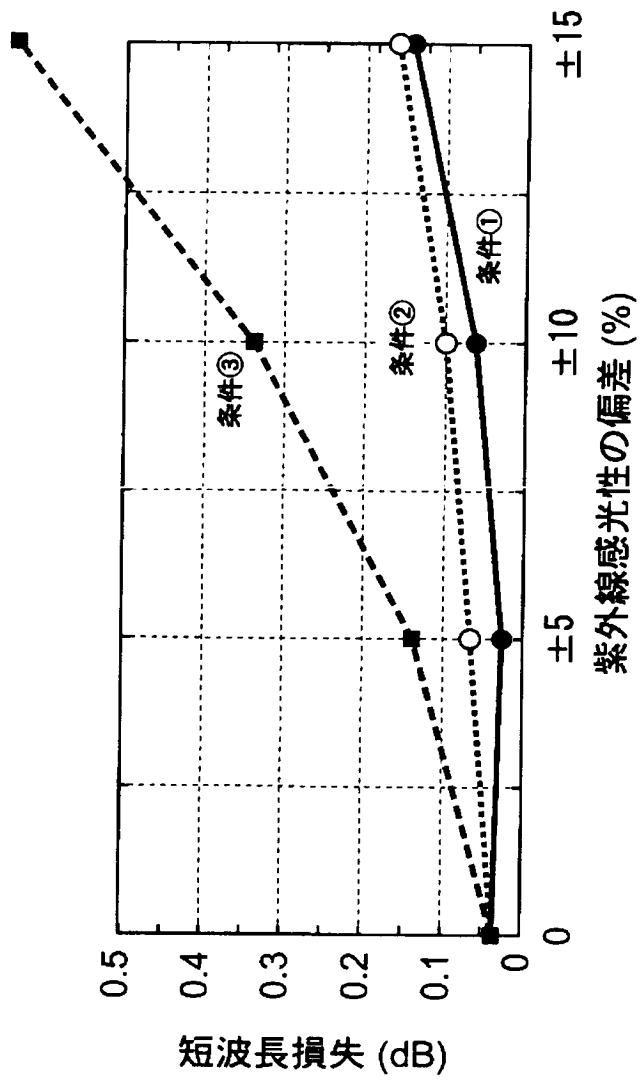
【図 3】



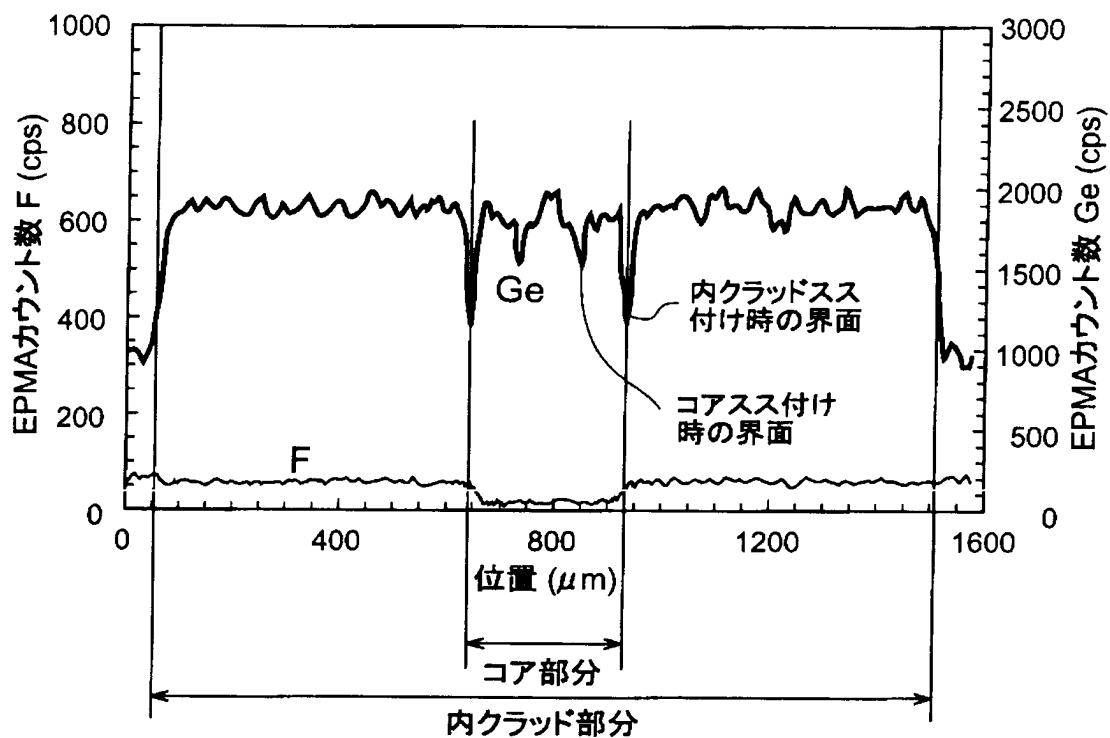
【図 4】



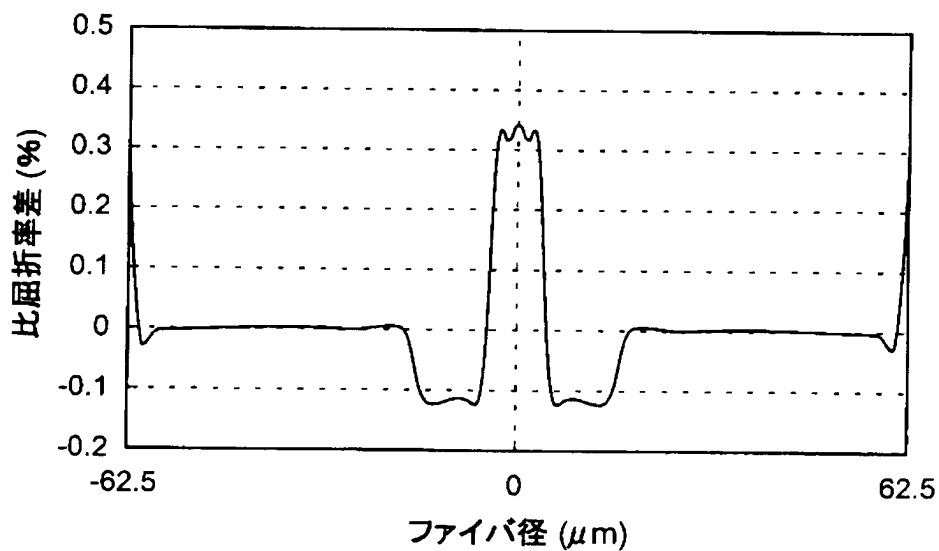
【図 5】



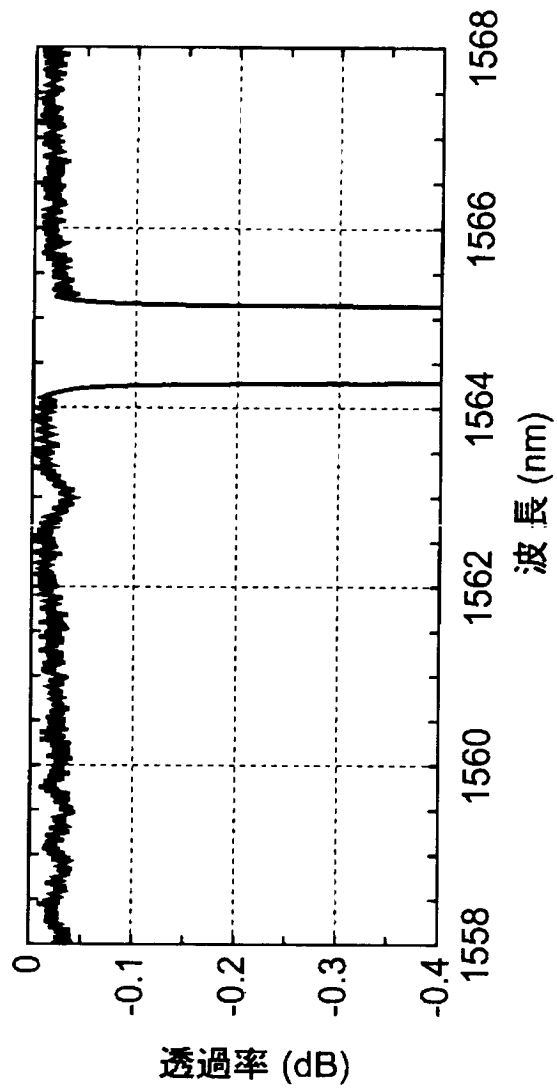
【図 6】



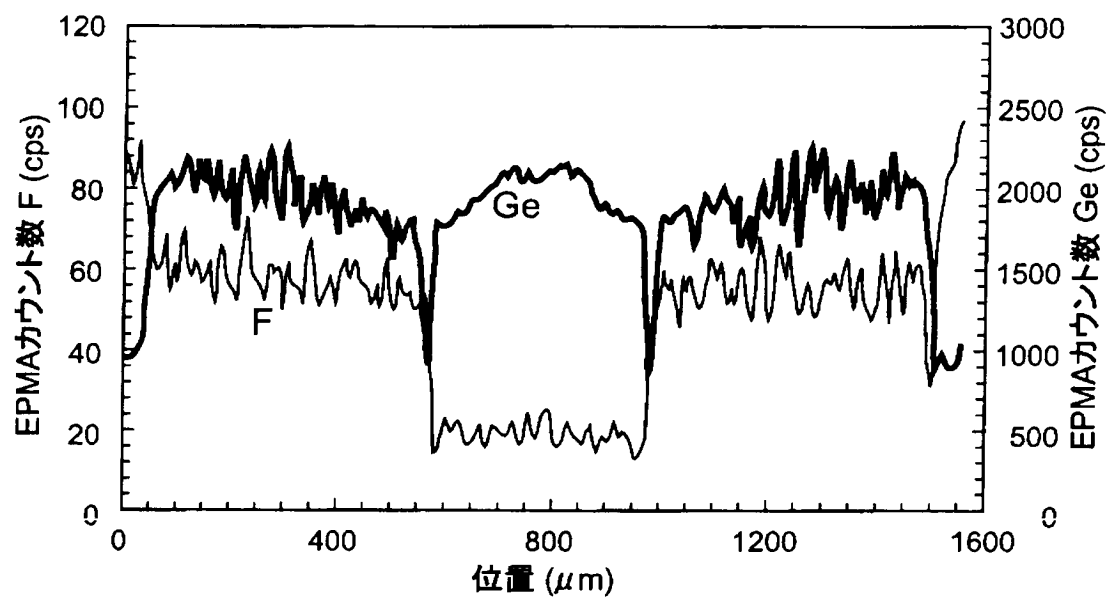
【図 7】



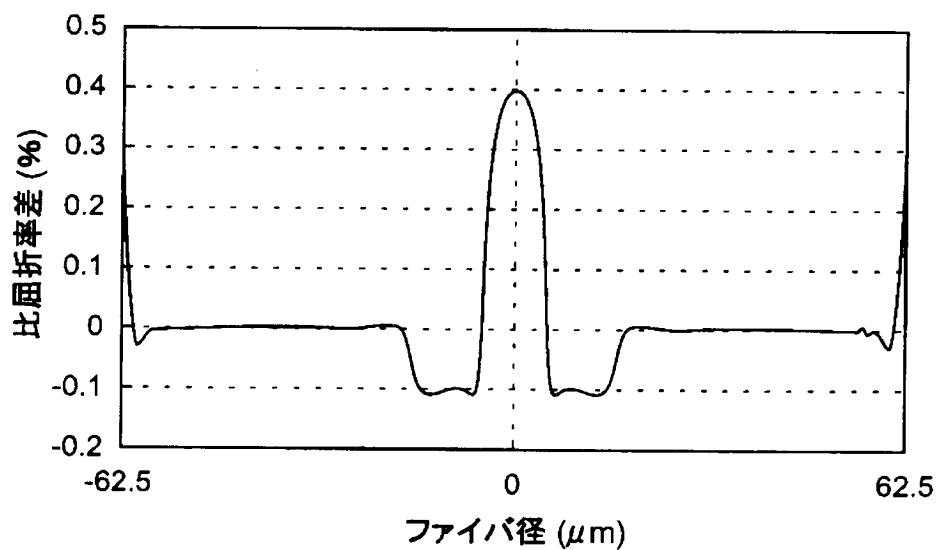
【図 8】



【図 9】

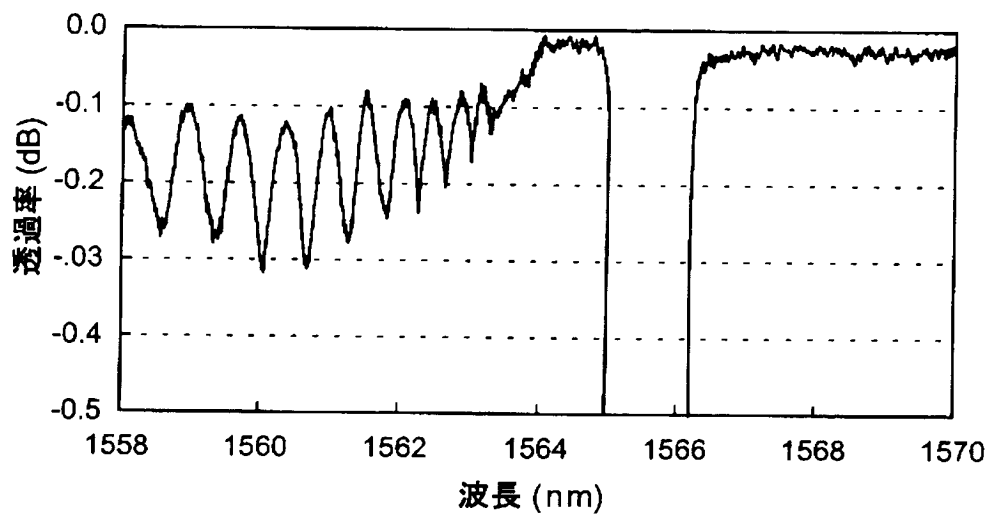


【図 10】





【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短波長損失が低減された光ファイバ型回折格子、および、このような光ファイバ型回折格子を実現するのに好適な光ファイバを提供する。

【解決手段】 光ファイバ 10 は、コア領域 11、内クラッド領域 12 および外クラッド領域 13 とを備える（図 1（a））。コア領域 11 および内クラッド領域 12 それぞれに  $\text{GeO}_2$  が添加され（図 1（b））、内クラッド領域 12 に F 元素が添加されている（図 1（c））。内クラッド領域 12 の屈折率  $n_2$  および外クラッド領域 13 の屈折率  $n_3$  の何れよりもコア領域 11 の屈折率  $n_1$  が大きい（図 1（d））。 $\text{GeO}_2$  が添加されているコア領域 11 および内クラッド領域 12 それぞれが紫外線感光性を有する（図 1（e））。内クラッド領域 12 に添加されている  $\text{GeO}_2$  濃度分布の偏差が小さく、内クラッド領域 12 における紫外線感光性の偏差が  $\pm 10\%$  以下である。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名 住友電気工業株式会社